

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 1600/2009
(22) Anmeldetag: 09.10.2009
(45) Veröffentlicht am: 15.09.2012

(51) Int. Cl. : **G01R 31/26** (2006.01)
H01L 31/042 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 1223431 A2
WO 2004090559 A1
DE 20102619 U1

STELLBOGEN, D. "Use of PV circuit simulation
for fault detection in PV array fields".
Proceedings of the Photovoltaic Specialists
Conference, IEEE, 1993, S. 1302-1307, ISBN
978-0-7803-1220-3

(73) Patentinhaber:
FRONIUS INTERNATIONAL GMBH
4643 PETTENBACH (AT)

(72) Erfinder:
PRÖTSCH ROLAND
ROITHAM (AT)
MÜHLBERGER THOMAS
MARCHTRENK (AT)
AMMER MICHAEL
WELS (AT)
ZWIRCHMAYR YVONNE
WELS (AT)

(54) VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR FEHLERERKENNUNG IN EINER PHOTOVOLTAIK-ANLAGE

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Fehlererkennung in einer Photovoltaik-Anlage (1). Dabei wird eine erste Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) der Anlage (1) und/oder eines aus dieser Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) abgeleiteten ersten Parameters zu einem ersten Zeitpunkt in einem ersten Betriebszustand der Photovoltaik-Anlage (1) ermittelt. Zu einem zweiten Zeitpunkt in einem dem ersten Betriebszustand vergleichbaren zweiten Betriebszustand wird eine zweite Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder ein aus dieser Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) abgeleiteter zweiter Parameter der Anlage (1) ermittelt. Schließlich wird eine Abweichung zwischen erster und zweiter Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder zwischen erstem und zweitem Parameter ermittelt und eine Fehlermeldung ausgegeben, wenn die Abweichung einen vorgebbaren Schwellwert überschreitet.

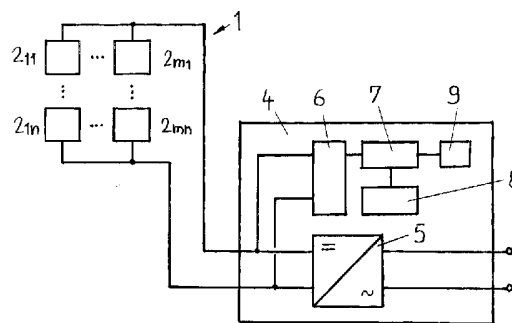


Fig. 6

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Fehlererkennung in einer Photovoltaik-Anlage.

[0002] Photovoltaik-Anlagen oder Solaranlagen (bei entsprechender Größe auch „Solarkraftwerk“ genannt) sind aus der heutigen Energieerzeugung nicht mehr wegzudenken, sei es nun bei der Versorgung öffentlicher Netze oder bei Inselbetrieb, etwa für Gebäude, die nur schwierig oder mit erheblichen Aufwand aus dem öffentlichen Netz versorgt werden können.

[0003] Photovoltaik-Anlagen wandeln das elektromagnetische Spektrum unserer Sonne in halbleitenden Schichten (nämlich in Solar- oder Photozellen) durch den Photonenbeschuss der Einstrahlung direkt in elektrischen Strom um. Zumeist werden dazu mehrere Solarzellen in Solarmodule zusammengefasst und diese wiederum zu einer Solaranlage oder einem Solarkraftwerk zusammengebaut.

[0004] Während des Betriebs einer Photovoltaik-Anlage kann es aus verschiedenen Gründen zu Ertragseinbußen kommen. Dabei kann prinzipiell zwischen Effekten, welche einen Einfluss auf den Strom der Photovoltaik-Anlage haben, und zwischen Effekten, welche einen Einfluss auf die Spannung der Photovoltaik-Anlage haben, unterschieden werden. Beispiele für strommindernde Einflüsse sind die Alterung der Solarzellen sowie deren Vergilben. Diese sind meist Modul-spezifisch und können vom Betreiber einer Anlage de facto nicht beeinflusst werden. Beispiele für spannungsmindernde Einflüsse sind neben der schwer verhinderbaren Alterung hochohmige oder sogar offene Lötstellen, Schweißstellen, Klemmverbindungen, usw., beschattete, verschmutzte oder gar gebrochene Solarzellen oder Solarmodule sowie defekte Bypass-Dioden und die mit der Beschattung verbundenen Hot-Spots. Außer der Alterung sind dies Schäden, die Anlagen-spezifisch sind, und somit durch Tausch defekter Teile beziehungsweise Reinigung verschmutzter Teile behoben werden können.

[0005] Auch kann es sein, dass mit einer vom technischen Standpunkt an sich funktionierenden Photovoltaik-Anlage Ertragseinbußen hingenommen werden müssen, etwa wenn die Vegetation, insbesondere Bäume, die Solaranlage im Laufe der Zeit abschatten. Auch wenn vor der Solaranlage hohe Gebäude errichtet werden, kann es zu einer Abschattung der Anlage kommen. Prinzipiell können auch diese „Fehler“ behoben werden, wenn Bäume gestutzt oder gefällt werden oder im Falle hinzugekommener Gebäude die Anlage versetzt wird, sofern dies möglich ist.

[0006] Zwar können spannungsmindernde Einflüsse wie erwähnt in aller Regel vermieden werden, problematisch ist allerdings die zuverlässige Erkennung eines Ertragseinbruches, da ja die von einer Solaranlage abgegebene Leistung aufgrund der wechselnden Sonnenbestrahlung stark schwankt und somit nur bedingt als Indikator für eine defekte Solaranlage taugt. Die Praxis zeigt, dass Ertragseinbußen daher oft erst nach Jahren oder überhaupt nicht erkannt werden, was insbesondere im Hinblick auf die hohen Errichtungskosten für eine Photovoltaik-Anlage nachteilig und - weil prinzipiell verhinderbar - auch ärgerlich ist.

[0007] Die EP 1 223 431 A2 offenbart zu dieser Thematik eine Vorrichtung zur Fehlerfeststellung in einer Photovoltaikanlage mit einem photoelektrischen Einstrahlungssensor, wobei sowohl die Photovoltaikanlage (PV-Anlage), als auch der Einstrahlungssensor an einer Auswerteeinheit angeschlossen sind. Die PV-Anlage und der Einstrahlungssensor übermitteln der momentanen Einstrahlung entsprechende Leistungswerte an die Auswerteeinheit. Diese bildet einen Nominalwert aus dem Verhältnis der beiden Leistungswerte. Aus zwei zu verschiedenen Zeitpunkten ermittelten Nominalwerten wird ein Mittelwert gebildet. Bei Über- oder Unterschreiten dieses Mittelwerts durch einen nachfolgend ermittelten Nominalwert wird eine Fehlermeldung durch die Auswerteeinheit generiert.

[0008] Die Veröffentlichung Stellbogen, D. "Use of PV circuit Simulation for fault detection in PV array fields". Proceedings of the Photovoltaic Specialists Conference, IEEE, 1993, S. 1302-1307, ISBN 978-0-7803-1220-3 offenbart zudem die Auswirkungen einzelner Modulschäden auf

den Kennlinienverlauf einer Photovoltaik-Anlage. Insbesondere werden auch meteorologische Daten als Eingangsparameter für die Fehlerauswertung offenbart.

[0009] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein verbessertes Verfahren und eine verbesserte Vorrichtung zur Fehlererkennung in einer Photovoltaik-Anlage anzugeben, insbesondere in bestehenden Photovoltaik-Anlagen, die nicht verändert werden sollen/können.

[0010] Die Aufgabe der Erfindung wird mit einem Verfahren zur Fehlererkennung in einer Photovoltaik-Anlage gelöst, umfassend die Schritte:

- [0011]** - Ermitteln einer ersten Ausgangsspannung der Anlage und/oder eines aus dieser Ausgangsspannung abgeleiteten ersten Parameters zu einem ersten Zeitpunkt in einem ersten Betriebszustand der Photovoltaik-Anlage zur Festlegung einer Ausgangsbedingung im Zuge eines Initialisierungsprozesses,
- [0012]** - Ermitteln einer zweiten Ausgangsspannung und/oder eines aus dieser Ausgangsspannung abgeleiteten zweiten Parameters der Anlage zu einem zweiten Zeitpunkt, wenn eine Wetteranalyse zur Feststellung einer über einem Schwellwert liegenden Sonneneinstrahlung zu einem positivem Ergebnis führt und ein dem ersten Betriebszustand vergleichbaren zweiten Betriebszustand vorliegt,
- [0013]** - Ermitteln einer Abweichung zwischen erster und zweiter Ausgangsspannung und/oder zwischen erstem und zweitem Parameter und
- [0014]** - Ausgeben einer Fehlermeldung, wenn die Abweichung einen vorgebbaren Schwellwert überschreitet, wobei
- [0015]** - als Ausgangsspannung die Maximum Power Point Spannung und/oder die Leerlaufspannung der Photovoltaik-Anlage beziehungsweise als abgeleiteter Parameter das Verhältnis zwischen der Maximum Power Point Spannung und der Leerlaufspannung der Photovoltaik-Anlage vorgesehen sind.

[0016] Die Aufgabe der Erfindung wird gleichermaßen mit einer Vorrichtung zur Fehlererkennung in einer Photovoltaik-Anlage gelöst, umfassend:

- [0017]** - Mittel zum Ermitteln einer ersten Ausgangsspannung der Anlage und/oder eines aus dieser Ausgangsspannung abgeleiteten ersten Parameters zu einem ersten Zeitpunkt in einem ersten Betriebszustand der Photovoltaik-Anlage,
- [0018]** - Mittel zum Ermitteln einer zweiten Ausgangsspannung und/oder eines aus dieser Ausgangsspannung abgeleiteten zweiten Parameters der Anlage zu einem zweiten Zeitpunkt in einem dem ersten Betriebszustand vergleichbaren zweiten Betriebszustand,
- [0019]** - Mittel zum Ermitteln einer Abweichung zwischen erster und zweiter Ausgangsspannung und/oder zwischen erstem und zweitem Parameter und
- [0020]** - Mittel zum Ausgeben einer Fehlermeldung, wenn die Abweichung einen vorgebbaren Schwellwert überschreitet.

[0021] Der besondere Vorteil dieser Erfindung liegt darin, dass alleine anhand der Ausgangsspannung einer Photovoltaik-Anlage eine Aussage über deren Funktionstüchtigkeit getroffen werden kann. Dies bedeutet, dass in der Photovoltaik-Anlage selbst keine besonderen Vorkehrungen getroffen werden müssen und somit auch bestehende Anlagen leicht mit dem erfindungsgemäßen Verfahren überwacht werden können. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kann dabei beispielsweise in Form eines Messgerätes, einer Überwachungsschaltung oder auch in Form eines sogenannten „Daten-Loggers“ vorliegen (ein Daten-Logger ist ein Messgerät, welches physikalische Messdaten über eine bestimmte Zeit hinweg erfassen und in einem Speicher speichern kann).

[0022] Der Vorteil an der Ermittlung der Maximum Power Point Spannung liegt darin, dass eine Photovoltaik-Anlage üblicherweise in an sich bekannter Weise ohnehin an diesem Betriebs-

punkt betrieben wird, zum Beispiel durch eine entsprechende Regelung in einem an die Photovoltaik-Anlage angeschlossenen Wechselrichter. Die Maximum Power Point Spannung kann daher praktisch zu jeder Zeit an den Ausgangsklemmen der Photovoltaik-Anlage beziehungsweise an den Eingangsklemmen eines angeschlossenen Wechselrichters abgenommen werden. Alternativ oder zusätzlich kann auch die Leerlaufspannung ermittelt werden. Beispielsweise kann die Photovoltaik-Anlage dazu kurzfristig (z.B. einige Zehntelsekunden) von den angeschlossenen Verbrauchern getrennt werden.

[0023] Vorteilhaft ist es auch, wenn als Parameter das Verhältnis zwischen der Maximum Power Point Spannung und der Leerlaufspannung der Photovoltaik-Anlage vorgesehen ist. Sowohl die Spannung beim Maximum Power Point als auch die Leerlaufspannung hängen von der Temperatur und der Stärke der Beleuchtung ab. Durch Bilden eines Quotienten, kann der Einfluss der genannten Faktoren reduziert werden. Somit ist eine relativ klare Aussage möglich, ob eine Änderung des genannten Parameters auf einen Defekt in der Photovoltaik-Anlage zurückzuführen ist.

[0024] Weiters wird ein Initialisierungsprozess zum Festlegen einer Ausgangsbedienung der Anlage nach der Installation durchgeführt. Vor der Erfassung von Messwerten zur Ermittlung von Modulschäden wird eine Wetteranalyse (ermittelt durch Leistungsdaten des Wechselrichters) durchgeführt, wobei bei positiver Wetteranalyse weitere Messwerte aufgenommen werden. Vorzugsweise kann bei negativer Wetteranalyse zu einem späteren Zeitpunkt eine neuerliche Wetteranalyse durchgeführt werden.

[0025] Vorteilhaft ist hierbei, dass gleich nach der Inbetriebnahme der Anlage, bei der anzunehmen ist, dass eine optimale Funktion gegeben ist, Messwerte bzw. Referenzwerte erfasst werden, die für spätere Vergleiche herangezogen werden können. Durch Aufnahme und Speicherung derartiger Werte kann somit in einfacher Form auf die Veränderung der Anlage im laufenden Betrieb rückgeschlossen werden. Ein weiterer wesentlicher Vorteil liegt darin, dass im laufenden Betrieb nicht immer alle Messwerte aufgenommen werden, da diese durch die unterschiedlichsten Wetterbedingungen erheblich voneinander abweichen können, wodurch eine Auswertung schwierig wird. Um dies zu vermeiden und nur Werte bzw. Daten bei gleichwertigen Wetterbedingungen aufzunehmen, wird vom Wechselrichter vor der Erfassung der Messwerte bzw. Daten zuerst eine Wetteranalyse durchgeführt.

[0026] „Ermitteln“ bedeutet im Rahmen der Erfindung sowohl das aktive Messen einer Spannung als auch das Empfangen eines Messwertes von einer (abgesetzten) Messeinrichtung. Entsprechend können eine Messeinrichtung und ein Datenlogging in einem Gerät integriert sein, oder die Funktionen werden auf verschiedene Orte verteilt. Das erfindungsgemäße Verfahren wird dann im Wesentlichen zum Zeitpunkt einer Messung, also „online“ ausgeführt. Darüber hinaus ist unter „Ermitteln“ aber auch das Empfangen bzw. Auslesen eines gespeicherten Messwertes von oder aus einer Datenbank zu verstehen. Beispielsweise können Messwerte über einen bestimmten Zeitraum in einer Datenbank oder in einem Speicher gespeichert und das erfindungsgemäße Verfahren im Nachhinein, das heißt „offline“ auf die Daten angewandt werden. „Ermitteln“ bedeutet somit auch das aktive Messen einer Spannung oder Empfangen eines Messwertes mit anschließender Speicherung des Messwertes in einem Speicher oder einer Datenbank.

[0027] „Abweichung“ bedeutet im Rahmen der Erfindung sowohl eine Differenz als auch einen Quotienten zwischen zwei Werten, beziehungsweise auch jede andere Operation, aus welcher ein Unterschied zwischen zwei Werten deutlich wird. Insbesondere sind somit auch logische Operatoren, wie zum Beispiel ein Kleiner- oder Größer-Operator dazu geeignet, um eine Abweichung zwischen zwei Werten festzustellen.

[0028] Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung in Zusammenschau mit den Figuren der Zeichnung.

[0029] Vorteilhaft ist es darüber hinaus, wenn das Ermitteln einer Ausgangsspannung und/oder

eines abgeleiteten Parameters bei einer Einstrahlung von mehr als 100 W/m^2 erfolgt. Sowohl die Maximum Power Point Spannung als auch die Leerlaufspannung hängen ab einer gewissen Einstrahlungsleistung nur mehr wenig von derselben ab. Mit anderen Worten bleiben die Maximum Power Point Spannung und die Leerlaufspannung ab einer bestimmten Einstrahlungsleistung im Wesentlichen konstant. Dasselbe gilt natürlich auch für das Verhältnis zwischen der Maximum Power Point Spannung und der Leerlaufspannung. Messungen oberhalb dieses Schwellwerts erfolgen somit bei ähnlichen Betriebszuständen der Photovoltaik-Anlage. Dieser Schwellwert liegt bei etwa 100 W/m^2 . In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform wird dieser Schwellwert auf 200 W/m^2 und in einer besonders vorteilhaften Ausführungsform auf 500 W/m^2 festgelegt, da die oben erwähnte (differentielle) Abhängigkeit der Spannungen von der Einstrahlungsleistung dann noch geringer ist. Ändert sich eine der Spannungen beziehungsweise das Verhältnis der beiden, ohne dass die Einstrahlungsleistung unter den festgelegten Schwellwert sinkt, so kann davon ausgegangen werden, dass die Spannungsänderung von einem Defekt in der Photovoltaik-Anlage herrührt.

[0030] Vorteilhaft ist es auch, wenn das Ermitteln einer Ausgangsspannung und/oder eines abgeleiteten Parameters bei einer Leistungsabgabe der Photovoltaik-Anlage oder eines an diese angeschlossenen Wechselrichters über 15% der jeweiligen Nennleistung erfolgt. Ab dieser Leistung kann man davon ausgehen, dass die Einstrahlung mindestens 100 W/m^2 entspricht.

[0031] Besonders vorteilhaft ist es daher, wenn das Ermitteln einer Ausgangsspannung und/oder eines abgeleiteten Parameters bei im Wesentlichen derselben Einstrahlung beziehungsweise derselben Leistungsabgabe erfolgt. In diesem Fall wird das Toleranzband für die Einstrahlung, bei der eine Ermittlung der Spannungen erfolgt, noch enger gezogen. Die Maximum Power Point Spannung und die Leerlaufspannung bewegen sich daher - vorausgesetzt es liegt kein Defekt in der Photovoltaik-Anlage vor - in noch engeren Toleranzgrenzen.

[0032] Besonders vorteilhaft ist es daher, wenn die Einstrahlung mit Hilfe eines lichtempfindlichen Sensors ermittelt wird. Das Ausgangssignal ist dabei unmittelbar ein Maß für die eingestrahlte Leistung. Vorteilhaft werden Ausgangsspannungen der Photovoltaik-Anlage oder daraus abgeleitete Parameter bei im Wesentlichen demselben Ausgangssignal des lichtempfindlichen Sensors und damit bei vergleichbaren oder sogar denselben Betriebszuständen der Photovoltaik-Anlage ermittelt. In einer besonders vorteilhaften Variante wird die Leistung der Photovoltaik-Anlage mit der Einstrahlung verglichen.

[0033] An dieser Stelle wird nochmals klargemacht, dass der Vorteil der Erfindung darin liegt, dass man einen solchen Sensor eben nicht unbedingt benötigt und stattdessen mit einfachen Mitteln - nämlich einer Spannungsmessung - sehr gute Aussagen über den Zustand der Anlage treffen kann. Die Installation eines solchen Sensors kann daher auch entfallen.

[0034] Vorteilhaft ist es auch, wenn das Ermitteln einer Ausgangsspannung und/oder eines abgeleiteten Parameters bei im Wesentlichen derselben Temperatur erfolgt. Die Spannungen ändern sich generell stark mit der Temperatur. Da die Spannungen (z.B. Leerlaufspannung und MPP-Spannung) bei im Wesentlichen derselben Temperatur oder bei ähnlichen Temperaturen gemessen werden, und sich beide Spannungen mit der Temperatur gleich verhalten kann durch dieser Effekt durch Quotientenbildung vermieden werden. Der zulässige Temperaturbereich, in dem eine Spannungsmessung durchgeführt wird, bestimmt sich somit in erster Linie an dem geforderten Maß, mit dem der Temperatureinfluss unterdrückt werden soll.

[0035] In einer weiteren vorteilhaften Variante der Erfindung werden für die Bestimmung eines Betriebszustandes der Photovoltaik-Anlage optional Daten einer Wetterstation und/oder meteorologische Daten einer Datenbank herangezogen. Beispielsweise kann die erfindungsgemäße Vorrichtung dabei mit einer Wetterstation verbunden sein, welche die Sonneneinstrahlung messen kann. Einerseits ist darunter eine private Wetterstation, etwa im häuslichen Bereich, oder aber auch eine öffentliche Wetterstation zu verstehen. Insbesondere kann zu letzterer eine Datenverbindung über Funk bestehen. Schließlich ist es auch möglich, entsprechende Daten, insbesondere meteorologische Daten einer meteorologischen Anstalt, über das Internet abzurufen.

fen und für das erfindungsgemäße Verfahren nutzbar zu machen. Mit Hilfe dieser Daten kann auch noch im Nachhinein und somit „offline“ festgestellt werden, welche Wetterlage beziehungsweise welcher Bewölkungsgrad an einem bestimmten Ort zu einer bestimmten Zeit vorherrschend war und somit auch festgestellt werden, welcher Betriebszustand in einer Photovoltaik-Anlage vorgelegen hat.

[0036] Vorteilhaft ist es auch, wenn das Ermitteln einer Ausgangsspannung und/oder eines abgeleiteten Parameters an verschiedenen Tagen im Wesentlichen zur selben Uhrzeit erfolgt. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Einstrahlungsleistung zu einer bestimmten Uhrzeit an verschiedenen Tagen sich - abhängig vom Bewölkungsgrad und der Jahreszeit - innerhalb gewisser Toleranzgrenzen bewegt. Auch ändern sich die Maximum Power Point Spannung und die Leerlaufspannung über einem bestimmten Schwellwert wie bereits besprochenen nur wenig mit der Einstrahlungsleistung. Daher sind zwei an verschiedenen Tagen aber zur selben Uhrzeit (z.B. Mittags) ermittelte Spannungswerte in der Regel vergleichbar, d.h. die Photovoltaik-Anlage befindet sich dabei in vergleichbaren Betriebszuständen. Für eine Photovoltaik-Anlage zum Beispiel in der Sahara ist dies unmittelbar einleuchtend, aber auch beispielsweise in Mitteleuropa liegt die Einstrahlungsleistung zur Mittagszeit - auch an einem bewölkten Sommertag - in der Regel über 100 W/m^2 . Darüber hinaus sollte eine korrekt geplante und installierte Photovoltaik-Anlage zu Mittag nicht beschattet sein. Ändert sich die Maximum Power Point Spannung und die Leerlaufspannung zwischen zwei Messungen maßgeblich, so kann von einem Defekt in der Photovoltaik-Anlage ausgegangen werden.

[0037] Vorteilhaft ist es weiterhin, wenn das Ermitteln einer Ausgangsspannung und/oder eines abgeleiteten Parameters an verschiedenen Tagen im Wesentlichen beim selben Sonnenstand erfolgt. Das zur Uhrzeit Gesagte gilt hier sinngemäß, allerdings bleiben hier Unterschiede zwischen Sommer- und Winterzeit oder Bewegungen über Zeitzonen hinweg ohne Auswirkung (beispielsweise kann das erfindungsgemäße Verfahren auch bei mobilen Solaranlagen, etwa auf Wohnmobilen, angewandt werden).

[0038] Bei einer weiteren vorteilhaften Variante der Erfindung, wird eine Ausgangsspannung und/oder ein abgeleiteter Parameters bei im Wesentlichen derselben Ausgangsleistung der Photovoltaik-Anlage ermittelt. Auch die Ausgangsleistung kann vorteilhaft zur Bestimmung eines bestimmten Betriebszustandes herangezogen werden. Zwar führt ein Defekt in der Photovoltaik-Anlage, beispielsweise der Ausfall eines Solarmoduls, dazu, dass dieselbe Ausgangsleistung erst bei höherer Einstrahlung erreicht wird, jedoch ändert sich die Maximum Power Point Spannung und der Leerlaufspannung ab einem Schwellwert wie erwähnt nur wenig. Bei derselben Ausgangsleistung liegen daher in aller Regel vergleichbare Betriebszustände der Photovoltaik-Anlage vor.

[0039] An dieser Stelle wird darauf hingewiesen, dass sich die zum erfindungsgemäßen Verfahren genannten Varianten und die daraus resultierenden Vorteile gleichermaßen auf die erfindungsgemäße Vorrichtung beziehen.

[0040] Insbesondere ist es dabei auch von Vorteil, wenn die erfindungsgemäße Vorrichtung von einem Wechselrichter für eine Photovoltaik-Anlage mit gleichspannungsseitigen und wechelspannungsseitigen Anschlüssen umfasst ist, wobei die erfindungsgemäße Vorrichtung mit den gleichspannungsseitigen Anschlüssen verbunden ist. Solaranlagen, welche mit einem Wechselstromnetz verbunden sind, sei es nun ein öffentliches Netz oder ein Inselnetz, weisen zwangsläufig einen Wechselrichter auf. Da dieser ohnehin mit den Ausgangsklemmen der Photovoltaik-Anlage verbunden ist, kann eine im Wechselrichter eingebaute erfindungsgemäße Vorrichtung eine Ausgangsspannung der Photovoltaik-Anlage leicht abgreifen und auswerten. Vorteilhaft kann ein solcher Wechselrichter, welcher einen Fehler in einer Photovoltaik-Anlage detektiert, auch an bestehende Anlagen angeschlossen werden, ohne dass diese hierzu verändert werden müssten.

[0041] Von Vorteil ist es auch, wenn die erfindungsgemäße Vorrichtung von einem Laderegler für eine Photovoltaik-Anlage umfasst ist, wobei die erfindungsgemäße Vorrichtung mit eingangsseitigen Anschlüssen des Ladereglers verbunden ist. Das zum Wechselrichter Gesagte

gilt hier sinngemäß, bloß dass die Photovoltaik-Anlage hier ein Gleichspannungsnetz versorgt. In aller Regel wird elektrische Energie dabei in einem Akkumulator zwischengespeichert, wozu ein Laderegler erforderlich ist. Aber auch ohne Stützbatterie wird meist eine Spannungstabilisierungsschaltung zwischen Photovoltaik-Anlage und versorgtem Netz vorgesehen. Im Rahmen der Erfindung ist unter einem Laderegler auch eine solche Spannungstabilisierungsschaltung zu verstehen, welche nicht mit einem Akkumulator verbunden wird.

[0042] Daher ist es auch vorteilhaft, wenn eine Photovoltaik-Anlage mit einer oder mehreren Solarzellen und/oder einem oder mehreren Solarmodulen, einen erfindungsgemäßen Wechselrichter und/oder einen erfindungsgemäßen Laderegler umfasst.

[0043] Es ist aber auch vorteilhaft, wenn die Erfindung in Form eines Computerprogrammprodukts mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm realisiert ist, das in den einen Speicher einer erfindungsgemäßen Vorrichtung und/oder eines erfindungsgemäßen Wechselrichters und/oder eines erfindungsgemäßen Ladereglers und/oder eines Computers ladbar ist und das erfindungsgemäße Verfahren ausführt, wenn das Computerprogramm dort ausgeführt wird. Auf diese Weise können beispielsweise auch bestehende Wechselrichter mit dem erfindungsgemäßen Verfahren aufgerüstet werden, indem beispielsweise eine entsprechende Firmware geändert wird. Auch kann das erfindungsgemäße Verfahren offline auf handelsüblichen PCs ausgeführt werden.

[0044] Von Vorteil sind aber auch die Maßnahmen, bei dem zum Erkennen von Modulschäden eine fortlaufende Erfassung der Udc-Spannung vorgenommen wird, wobei durch einen Veränderung des Verhältnisses der Mpp-Spannung zur Leerlaufspannung der Module ein schleichender und/oder plötzlicher Modulschaden erkannt wird, da dadurch in einfacher Form und ohne zusätzliche Sensoren und externen Komponenten fehlerhafte Module erkannt werden können.

[0045] Es ist aber auch eine Maßnahme von Vorteil, bei der der Initialisierungsprozess zu voreingestellten Zeitpunkten (z.B. um die Mittagszeit) oder einem definierten, eingestellten Zeitpunkt, oder ein manuell ausgelöster Messvorgang zur Bestimmung und Aufnahme des Betriebszustandes der Anlage gestartet wird, da dadurch sichergestellt ist, dass nur bei optimaler Sonneneinstrahlung die ersten Messwerte erfasst werden, über die dann im Laufe der Zeit eine Veränderung der Anlage erkennbar ist.

[0046] Bei einer Maßnahme bei der folgende Modulschäden: hochohmige Lötstellen innerhalb der Module, offene Lötstelle an einer Zelle, Hotspots, Verschattungen, Verschmutzungen, Zellenbruch, hochohmige Lötstelle in der Anschlussdose, usw., erkannt und über ein Anzeigeelement ausgegeben werden, ist von Vorteil, dass der Benutzer über die verschiedensten Fehler informiert wird und somit Maßnahmen setzen kann, dass ein optimaler Betrieb der Anlage gewährleistet ist.

[0047] Vorteilhaft sind aber auch die Maßnahmen, bei der zu einem vorgegebenen Zeitpunkt (z. B. Mittagszeit) die Wetteranalyse vorgenommen wird, wozu die eingespeiste Energiemenge oder die Wechselrichterleistung erfasst wird und mit einem voreinstellbaren Wert verglichen wird, wobei bevorzugt dieser einer voreinstellbaren Prozentwert, beispielsweise 50% des Maximums entspricht, um eine positive Wetteranalyse zu erreichen, da dadurch in einfacher Weise, wiederum ohne zusätzlichen Meßmitteln, nur durch interne Messungen auf die Wettersituation rückgeschlossen werden kann, wodurch sichergestellt ist, dass immer zu ungefähr gleichen Bedingungen Messwerte erfasst werden, welche zu den anderen bereits erfassten Messwerten aussagekräftig sind.

[0048] Schließlich ist auch eine Maßnahme von Vorteil, bei der über eine im Wechselrichter angeordnete Steuervorrichtung oder eine extern angeschlossene Steuervorrichtung eine Auswertung zum Erkennen von Modulschäden vorgenommen wird, da dadurch unterschiedliche Aufbauten der Anlage realisiert werden können.

[0049] Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung können auf beliebige Art und Weise kombiniert werden.

[0050] Zum besseren Verständnis der Erfindung wird diese anhand der nachfolgenden Figuren näher erläutert.

[0051] Es zeigen jeweils in stark schematisch vereinfachter Darstellung:

[0052] Fig. 1 schematisch eine Photovoltaik-Anlage;

[0053] Fig. 2 ein Strom-Spannungs-Diagramm und ein Leistungs-Spannungs-Diagramm eines Solarmoduls;

[0054] Fig. 3 einen Verlauf der Leerlaufspannung sowie der Spannung beim Maximum Power Point in Abhängigkeit der Einstrahlungsleistung;

[0055] Fig. 4 die Auswirkungen eines Ausfalls eines Solarmoduls oder einer Solarzelle;

[0056] Fig. 5 zeigt den zeitlichen Verlauf der Spannung beim Maximum Power Point;

[0057] Fig. 6 schematisch eine Photovoltaik-Anlage mit einem erfindungsgemäßen Wechselrichter;

[0058] Fig. 7 schematisch eine Photovoltaik-Anlage mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung in Form eines Messgerätes.

[0059] Einführend wird festgehalten, dass in den unterschiedlich beschriebenen Ausführungsformen gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen versehen werden, wobei die in der gesamten Beschreibung enthaltenen Offenbarungen sinngemäß auf gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen bzw. gleichen Bauteilbezeichnungen übertragen werden können. Auch sind die in der Beschreibung gewählten Lageangaben, wie z.B. oben, unten, seitlich usw. auf die unmittelbar beschriebene sowie dargestellte Figur bezogen und sind bei einer Lageänderung sinngemäß auf die neue Lage zu übertragen. Weiterhin können auch Einzelmerkmale oder Merkmalskombinationen aus den gezeigten und beschriebenen unterschiedlichen Ausführungsbeispielen für sich eigenständige, erfinderische oder erfindungsgemäße Lösungen darstellen.

[0060] Die Ausführungsbeispiele zeigen mögliche Ausführungsvarianten einer erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei an dieser Stelle bemerkt sei, dass die Erfindung nicht auf die speziell dargestellten Ausführungsvarianten derselben eingeschränkt ist, sondern vielmehr auch diverse Kombinationen der einzelnen Ausführungsvarianten untereinander möglich sind und diese Variationsmöglichkeit aufgrund der Lehre zum technischen Handeln durch gegenständliche Erfindung im Können des auf diesem technischen Gebiet tätigen Fachmannes liegt. Es sind also auch sämtliche denkbaren Ausführungsvarianten, die durch Kombinationen einzelner Details der dargestellten und beschriebenen Ausführungsvariante möglich sind, vom Schutzzumfang mit umfasst.

[0061] Fig. 1 zeigt schematisch eine Photovoltaik-Anlage 1 bestehend aus mehreren, identisch aufgebauten Solarmodulen $2_{11..2_{mn}}$. Mehrere in Serie geschaltete (und hier vertikal untereinander angeordnete) Solarmodule $2_{11..2_{mn}}$ bilden dabei jeweils einen Strang (engl. „String“). Mehrere parallel geschaltete (und hier horizontal nebeneinander angeordnete) Stränge bilden die Photovoltaik-Anlage 1. Selbstverständlich kann die örtliche Verteilung der Solarmodule $2_{11..2_{mn}}$ in einer realen Anlage auch anders sein.

[0062] Ein Solarmodul $2_{11..2_{mn}}$ besteht wiederum aus mehreren in Serie geschalteten Solarzellen $3_{1..3_x}$. Im gezeigten Beispiel besteht ein Solarmodul $2_{11..2_{mn}}$ nur aus einem Strang von in Serie geschalteten Solarzellen $3_{1..3_x}$. Denkbar ist aber natürlich auch, dass ein Solarmodul $2_{11..2_{mn}}$ aus mehreren parallel geschalteten Solarzellen $3_{1..3_x}$ oder Strängen besteht. Schließlich umfasst ein Solarmodul $2_{11..2_{mn}}$ auch eine Bypass-Diode (auch Freilaufdiode) D_B , hier antiparallel zu allen Solarzellen $3_{1..3_x}$. Denkbar - wenngleich nicht üblich - ist auch, dass jede Solarzelle $3_{1..3_x}$ eine eigene Bypass-Diode D_B umfasst oder eine Bypass-Diode D_B für mehrere Solarmodule $2_{11..2_{mn}}$ vorgesehen ist. Die Bypass-Diode D_B hat in an sich bekannter Weise die Aufgabe, den Stromfluss und damit die Stromerzeugung eines Stranges auch dann aufrecht zu erhalten, wenn ein Solarmodul ausfällt, etwa weil es kaputt ist oder gerade beschattet wird. In

diesem Betriebsfall führt die von den anderen Modulen im Strang erzeugte Spannung dazu, dass das defekte oder beschattete Modul in Sperrrichtung betrieben wird. Ohne Bypass-Diode D_B würde somit der gesamte Strang ausfallen.

[0063] Für die folgenden Betrachtungen sind Solarzellen $3_1..3_X$ und Solarmodule $2_{11}..2_{mn}$ als äquivalent zu betrachten. Obwohl im Folgenden auf Solarmodule $2_{11}..2_{mn}$ Bezug genommen wird, bezieht sich das Gesagte somit gleichermaßen auf Solarzellen $3_1..3_X$. Beide sind im Rahmen der Erfindung als Elemente zu betrachten, welche bei Bestrahlung Spannung und Strom erzeugen.

[0064] Fig. 2 zeigt nun ein Strom-Spannungs-Diagramm und ein Leistungs-Spannungs-Diagramm eines Solarmoduls $2_{11}..2_{mn}$. Dabei sind Kennlinien bei verschieden starker Lichteinstrahlung, hier unterschieden durch die Einstrahlungsleistung $P_{11}..P_{15}$, dargestellt. Deutlich zu sehen ist, dass bei steigender Lichteinstrahlung sowohl der Kurzschlussstrom (also der Ausgangsstrom I bei Ausgangsspannung $U=0$) als auch die Leerlaufspannung (also die Ausgangsspannung U bei Ausgangsstrom $I=0$) steigen. Ab einer gewissen Lichteinstrahlung (hier etwa bei der Kurve für P_{13}) steigt jedoch nur mehr der Kurzschlussstrom I merklich an, die Leerlaufspannung bleibt dagegen mehr oder minder konstant.

[0065] Für P_{14} ist darüber hinaus der sogenannte „Maximum Power Point“, (auch „MPP-Punkt“ genannt), also der Betriebspunkt mit der höchsten Ausgangsleistung des Solarmoduls $2_{11}..2_{mn}$, eingetragen. Die dazugehörige Spannung und der dazugehörige Strom sind mit strichlierten Linien dargestellt. Die Spannung beim Maximum Power Point wird dabei mit U_{MPP} bezeichnet. Die punktierte Linie zeigt ganz allgemein den Verlauf der Ausgangsleistung des Solarmoduls $2_{11}..2_{mn}$.

[0066] Fig. 3 zeigt nun den Verlauf der Leerlaufspannung U_0 sowie der Spannung beim Maximum Power Point U_{MPP} in Abhängigkeit der Einstrahlungsleistung P_i . Wiederum deutlich zu sehen ist, dass sowohl die Leerlaufspannung U_0 als auch die Spannung U_{MPP} ab einer gewissen Einstrahlungsleistung P konstant bleibt (hier mit einer strichlierten Linie gekennzeichnet). In der Realität liegt dieser Wert bei einer Einstrahlungsleistung von etwa 100 W/m^2 .

[0067] Fig. 4 zeigt nun was passiert, wenn ein Solarmodul $2_{11}..2_{mn}$ (beziehungsweise eine Solarzelle $3_1..3_X$) aus irgendeinem Grund keine elektrische Leistung mehr liefert. Die durchgezogenen Linien zeigen dabei die bereits aus den Figuren 2 und 3 bekannten Kennlinien bei ordnungsgemäßer Funktion des Solarmoduls $2_{11}..2_{mn}$. Fällt nun ein Solarmodul $2_{11}..2_{mn}$ aus, so fließt der Strom in Folge durch die zugeordnete Bypass-Diode D_B . Nachdem die an der Bypass-Diode D_B abfallende Spannung deutlich kleiner ist, als die von einem Solarmodul $2_{11}..2_{mn}$ erzeugte Spannung geht dies mit einem drastischen Einbruch der Spannung U_{MPP} einher. Die Kennlinien bei Ausfall eines Solarmoduls $2_{11}..2_{mn}$ sind in Fig. 4 strichliert dargestellt. Die Strom/Spannungskennlinien sind dabei mit I/U , die Leistungs-/Spannungskennlinien mit P_i/U bezeichnet. Mit zunehmender Anzahl der in einer Photovoltaik-Anlage 1 parallel geschalteten Zweige wirkt sich der gezeigte Effekt natürlich geringer aus. In einer üblichen realen Photovoltaik-Anlage 1 wird der Effekt daher in aller Regel deutlich geringer ausfallen, als es in der Fig. 4 dargestellt ist.

[0068] Erfindungsgemäß werden nun Ausgangsspannungen der Photovoltaik-Anlage 1 und/oder aus diesen Ausgangsspannungen abgeleitete Parameter zu verschiedenen Zeitpunkten aber bei vergleichbaren Betriebszuständen der Photovoltaik-Anlage 1 ermittelt. Wenn eine Abweichung zwischen den Ausgangsspannungen oder den abgeleiteten Parametern vorliegt, dann wird eine Fehlermeldung ausgegeben. Dies kann beispielsweise optisch oder akustisch erfolgen. Beispielsweise ist auch eine Meldung an ein Mobiltelefon denkbar. Als Spannungen, welche ermittelt werden, kommen beispielsweise die Maximum Power Point Spannung U_{MPP} und/oder die Leerlaufspannung U_0 der Photovoltaik-Anlage 1 in Frage. Auch das Verhältnis der beiden ist für eine Auswertung geeignet. Obwohl in den folgenden Betrachtungen die Maximum Power Point Spannung U_{MPP} angesprochen wird, beziehen die Ausführungen daher gleichermaßen auf die Leerlaufspannung U_0 und das Verhältnis zwischen der Spannung U_{MPP} und der Leerlaufspannung U_0 .

[0069] Fig. 5 zeigt nun den zeitlichen Verlauf der Spannung U_{MPP} (durchgezogen gezeichnet) sowie deren Mittelwert (strichliert gezeichnet) einer Photovoltaik-Anlage 1. Deutlich zu sehen ist, dass die Spannung U_{MPP} nach der Erstinbetriebnahme der Photovoltaik-Anlage 1 relativ schnell, das heißt in aller Regel innerhalb der ersten 3 bis 6 Monate, auf einen in Folge stabilen Wert sinkt. Dies hat mit Alterungserscheinungen beziehungsweise einer Stabilisierungsphase eines Solarmodul $2_{11..2_{mn}}$ zu tun, die sich zu Beginn des Betriebs relativ stark auswirken. Danach sinkt die Spannung U_{MPP} nur mehr wenig. Die Spannung U_{MPP} pendelt weiterhin mehr oder minder stark um einen Mittelwert, dies vor allem deswegen, weil unterschiedliche Temperaturen einen vergleichsweise starken Einfluss auf die genannte Spannung U_{MPP} haben. Bei steigender Temperatur sinkt die Spannung U_{MPP} , während sie bei sinkender Temperatur steigt (wie erwähnt unterliegt die Leerlaufspannung U_0 demselben Einfluss, welcher bei Bildung des Quotienten zwischen U_{MPP} und U_0 eliminiert wird). Im gezeigten Diagramm ist nun zu einem bestimmten Zeitpunkt ein massiver und relativ plötzlicher Einbruch der Spannung U_{MPP} festzustellen. Erfindungsgemäß wird nun eine Fehlermeldung ausgegeben, weil davon auszugehen ist, dass in der Photovoltaik-Anlage 1 ein Fehler aufgetreten ist. Der Fehler kann unterschiedliche Ursachen haben:

[0070] - in der Photovoltaik-Anlage 1 (Solarzelle $3_{1..3_x}$, Solarmodul $2_{11..2_{mn}}$, Anschlussdose) gibt es eine hochohmige oder sogar offene Lötstelle, Schweißstelle, Klemmverbindung, usw.

[0071] - eine Solarzelle $3_{1..3_x}$ oder ein Solarmodul $2_{11..2_{mn}}$ ist beschattet oder verschmutzt

[0072] - eine Solarzelle $3_{1..3_x}$ oder ein Solarmodul $2_{11..2_{mn}}$ ist gebrochen

[0073] Zwar ist die Abschattung oder Verschmutzung kein Defekt im eigentlichen Sinne, jedoch führt diese zu einer Ertragsminderung und wird im Rahmen der Erfindung daher trotzdem als Fehler in der Photovoltaik-Anlage 1 betrachtet. Beispielsweise kann ein Baum in der Nähe der Photovoltaik-Anlage 1 über die Jahre derart gewachsen sein, dass diese nunmehr beschattet wird. Der Betreiber der Photovoltaik-Anlage 1 kann aufgrund der Fehlermeldung nun entsprechende Maßnahmen ergreifen.

[0074] An dieser Stelle wird angemerkt, dass die in Fig. 5 dargestellte Stabilisierungsphase nicht bei allen Typen von Solarzellen, sondern in der Regel nur bei gewissen Dünnschicht-Zellen auftritt. Anders als in der Fig. 5 dargestellt kann der Spannungsabfall zu Beginn des Betriebs einer Photovoltaik-Anlage 1 auch ausbleiben. Das heißt, die Spannung verläuft bis zum Eintreten eines Fehlers mehr oder minder konstant.

[0075] Die Spannung U_{MPP} in Fig. 5 wurde an verschiedenen Tagen aber zur selben Tageszeit ermittelt. Die Spannung U_{MPP} schwankt daher relativ wenig um ihren Mittelwert. Selbstverständlich können auch Messwerte während einer bestimmten Zeitspanne am Tag ermittelt werden. Schließlich ist es auch möglich, die Werte über 24 h aufzuzeichnen (dies kann beispielsweise in den Polarregionen sinnvoll sein). In der Regel wird die Spannung U_{MPP} dann aber heftiger um einen Mittelwert schwanken. Je nach Schwankungsbreite sollten die erhaltenen Werte daher einer mehr oder weniger starken Tiefpassfilterung, gleitenden Mittelwertbildung oder ähnlichem unterworfen werden, sodass einzelne Messwert-Ausreißer keinen Fehlalarm auslösen. Auch kann beobachtet werden, ob der Abfall der Spannung U_{MPP} über einen längeren Zeitraum, z.B. mehrere Tage, anhält und erst dann eine Fehlermeldung ausgegeben werden. Letztlich ist es eine Frage der tolerierbaren Ertragseinbußen wie lange mit einer Fehlermeldung zugewartet werden darf. Schließlich ist es auch möglich, zusätzlich oder alternativ die Änderungsrate der Spannung U_{MPP} auszuwerten und beispielsweise dann eine Fehlermeldung auszugeben, wenn die Änderungsrate einen bestimmten Schwellwert überschreitet.

[0076] Alternativ zur Ermittlung der Spannung U_{MPP} zur selben Tageszeit kann dies natürlich auch beim selben Sonnenstand erfolgen. Das bereits Gesagte gilt dann sinngemäß.

[0077] In einer weiteren alternativen Ausführungsform wird eine Messung der Spannung U_{MPP} immer bei Vorliegen einer bestimmten Einstrahlung ausgelöst. Beispielsweise kann dabei ein Zeitglied oder Timer mit einem lichtempfindlichen Sensor UND-verknüpft sein, sodass bei-

spielsweise alle 15 Minuten ein Messwert aufgenommen wird, sofern die Einstrahlung in einem bestimmten Toleranzbereich liegt. Dazu können auch Daten von abgesetzten Wetterstationen ausgewertet werden. Der Einsatz von zusätzlichen Sensoren und/oder Daten von Wetterstationen ist aber keinesfalls zwingend für die Erfindung.

[0078] In einer weiteren alternativen Ausführungsform wird die Ausgangsleistung der Photovoltaik-Anlage 1 zum Auslösen der Messwerterfassung herangezogen. Beispielsweise kann dabei ein Zeitglied oder Timer mit einem Leistungsmessgerät UND-verknüpft sein, sodass beispielsweise alle 15 Minuten ein Messwert aufgenommen wird, sofern die Ausgangsleistung der Photovoltaik-Anlage 1 in einem bestimmten Toleranzbereich liegt. Der Wert für die Ausgangsleistung kann dabei von einem an die Photovoltaik-Anlage 1 angeschlossenen Wechselrichter oder Laderegler stammen. Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn das erfindungsgemäße Verfahren überhaupt gleich im Wechselrichter oder Laderegler ausgeführt wird.

[0079] Bei den bisherigen Beispielen wurde davon ausgegangen, dass die Messwerte mehr oder minder zur Zeit ihrer Erfassung, also „online“ ausgewertet werden. Dies ist keinesfalls zwingend. Vielmehr kann eine Auswertung auch „offline“ erfolgen.

[0080] In einem ersten Beispiel werden Messdaten wie zuvor beschrieben erfasst und auf ein Speichermedium gespeichert. Beispielsweise kann ein USB-Stick dazu an eine erfindungsgemäße Vorrichtung, einen erfindungsgemäßen Wechselrichter oder einen erfindungsgemäßen Laderegler angeschlossen werden. Die Daten werden dann wie oben beschrieben auf einem PC mit einer Software, welche das erfindungsgemäße Verfahren ausführt, ausgewertet.

[0081] In einer alternativen Ausführungsform werden die Messdaten beispielsweise über Funk oder das Internet in eine abgesetzte Datenbank übermittelt, dort gespeichert und ausgewertet. Beispielsweise kann der Hersteller eines erfindungsgemäßen Wechselrichters oder Ladereglers vorsehen, dass von diesen Daten periodisch an eine bestimmte Datenbank gesendet werden. Auf diese Weise können alle Photovoltaik-Anlagen 1, die mit den Wechselrichtern oder Laderegeln des genannten Herstellers ausgerüstet sind, zentral überwacht werden. Beispielsweise kann eine Fehlermeldung dazu führen, dass der Hersteller dem Betreiber der Photovoltaik-Anlage 1 die Überprüfung derselben durch einen Service-Techniker anbietet, zum Beispiel durch ein Anbot via Telefon oder Email. Die Kundenbetreuung kann somit besonders effektiv gestaltet werden.

[0082] In einer weiteren Ausführungsform wird davon ausgegangen, dass zwar Daten über die Spannung U_{MMP} oder die Leerlaufspannung U_0 vorhanden sind, diese aber nicht bei vergleichbaren Betriebszuständen der Photovoltaik-Anlage 1 erfasst wurden. Um die Daten dennoch für das erfindungsgemäße Verfahren nutzbar zu machen, werden diese Daten mit historischen Daten einer Wetterstation beziehungsweise Daten einer meteorologischen Anstalt verknüpft. Auf diese Weise können aus den Daten der Photovoltaik-Anlage 1 jene Werte herausgefiltert werden, welche für das erfindungsgemäße Verfahren relevant sind. Somit können auch historische Werte einer Photovoltaik-Anlage 1, das heißt Werte, welche vor der vorliegenden Erfindung aufgenommen wurden, ebenfalls nutzbar gemacht werden. Fehlerhafte Photovoltaik-Anlagen 1 können somit auch im Nachhinein detektiert werden. Der Anwendungsbereich der Erfindung wird mit dieser Maßnahme deutlich vergrößert.

[0083] Bei Verwendung externer Sensoren kann auch vorteilhaft die Anlagenleistung anstelle der Spannung herangezogen werden, weil deren Erfassung unter Umständen einfacher und auch genauer erfolgen kann.

[0084] Fig. 6 zeigt schließlich schematisch eine Photovoltaik-Anlage 1, umfassend mehrere Solarmodule $2_{1..2_{mn}}$, mit einem daran angeschlossenen Wechselrichter 4. Der Wechselrichter 4 umfasst in diesem Beispiel einen Wechselrichterschaltkreis 5, eine erfindungsgemäße Vorrichtung in Form eines Analog-Digital-Konverters 6 zur Erfassung einer Ausgangsspannung der Photovoltaik-Anlage 1, einer zentralen Recheneinheit 7 mit daran angeschlossenem Speicher 8, sowie einer Signaleinheit 9. Im Speicher 8 befinden sich die zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens erforderlichen Programmschritte und Parameter, welche zur Laufzeit von

der zentralen Recheneinheit 7 ausgelesen und ausgeführt beziehungsweise verarbeitet werden. Der Speicher 8 wird überdies zur Speicherung von Messwerten vorgesehen. In der Recheneinheit 7 wird überprüft, ob zwei Spannungswerte oder zwei daraus abgeleitete Parameter voneinander abweichen. Wenn dies zutrifft, dann wird über die Signaleinheit 9 eine Fehlermeldung ausgegeben. Die Signaleinheit 9 kann dabei eine Signallampe, eine Sirene, eine Text-Anzeigeeinheit des Wechselrichters 4, ein Funksender oder aber auch ein Anschluss an das Internet sein. Obwohl das erfindungsgemäße Verfahren in diesem Beispiel in Software abgebildet ist, ist natürlich auch eine Abbildung in Hardware möglich, beispielsweise in Form eines entsprechenden integrierten Schaltkreises.

[0085] Fig. 7 zeigt schließlich eine Anordnung, bei der das erfindungsgemäße Verfahren „off-line“ ausgeführt wird. In diesem Fall umfasst die Photovoltaik-Anlage 1 eine daran angeschlossene Wechselrichterschaltung 5 sowie eine erfindungsgemäße Vorrichtung in Form eines Messgerätes 10 mit integrierter Datenschnittstelle. Mittels dieser Datenschnittstelle werden Daten drahtgebunden oder über eine Funkverbindung an eine im Internet 11 befindliche Datenbank 12 gesendet. Mit Hilfe eines PCs 13 greift eine für die Überwachung mehrerer Photovoltaik-Anlagen 1 zuständige Person auf diese Daten zu und wertet sie mit einem auf seinem PC 13 laufenden Programm, welches das erfindungsgemäße Verfahren ausführt, aus. In einer alternativen Ausführungsform wird das erfindungsgemäße Verfahren auf dem PC 13 automatisch zu vorgegeben Zeitpunkten ausgeführt, sodass eine Intervention einer Bedienperson nur dann nötig ist, wenn eine defekte Photovoltaik-Anlage 1 gemeldet wird. In einer weiteren alternativen Ausführungsform wird das besagte Programm gleich direkt in der Datenbank 10 ausgeführt, welche eine Fehlermeldung an eine zuvor bestimmte Email-Adresse schickt.

[0086] Nachstehend wird ein detaillierter Ablauf des Verfahrens zum Erkennen von Modulschäden beschrieben, welches auf die zuvor beschriebenen Figuren 1 bis 7 bzw. der Ausführungsformen angewandt werden kann.

[0087] Bei der Installation einer Photovoltaik-Anlage 1 wird bei dem Aufbau und der Inbetriebnahme darauf geachtet, dass die Anlage 1 voll funktionstüchtig aufgebaut wird. Dabei wird auch darauf geachtet, dass durch die umliegenden Gebäuden und Bäume zur Mittagszeit, wo die bestmögliche Einstrahlung normalerweise stattfindet, keine Abschattung der Solarmodule auftritt. Somit kann bei der Installation der Anlage 1 auf den Zustand rückgeschlossen werden bzw. dieser festgelegt werden, wann die beste Einstrahlleistung vorhanden ist. Dies kann beispielsweise in dem Wechselrichter 5 durch Eingabe einer Uhrzeit definiert werden. Üblicherweise tritt die beste Einstrahlung in der Mittagszeit auf, sodass der Wechselrichter 5 für Messungen auf diesen Bereich voreingestellt ist. Wird jedoch keine nach Süden ausgerichtete Anlage montiert, sondern - wie dies in letzter Zeit auch öfters vorkommt - eine Ost-West ausgerichtete Anlage hergestellt, so kann durch die Eingabe einer Uhrzeit beispielsweise die Voreinstellung für die Messungen umgestellt werden.

[0088] Nach der ersten Inbetriebnahme der Anlage wird nun ein einmaliger Initialisierungsprozess gestartet, bei dem ein Messvorgang zur Bestimmung und Aufnahme des Betriebszustandes der Anlage 1 zu voreingestellten Zeitpunkten (z.B. um die Mittagszeit) oder einem definierten, eingestellten Zeitpunkt, oder durch eine manuelle Auslösung vorgenommen wird. Hierzu werden beispielsweise die Leerlaufspannung und der MPP-Punkt, erfasst und als Referenzwerte gespeichert. Bevorzugt wird der Initialisierungsprozess nur dann gestartet, wenn ein wolkenloser Tag vorhanden ist, sodass eine optimale Einstrahlung gegeben ist und somit ein optimaler Betriebszustand aufgenommen werden kann. Man kann also sagen, dass nach Abschluss der Installation eine Betriebserfassung zu sehr guten - wenn nicht sogar bestmöglichen - Bedingungen vorgenommen wird, wobei diese aufgenommen Messwerte anschließend als Referenzwerte für weitere nachfolgende Messungen gespeichert werden.

[0089] Nachdem der Initialisierungsprozess abgeschlossen ist, kann der Wechselrichter 5 seinen Betrieb aufnehmen. Dabei erfasst der Wechselrichter 5 im laufenden Einspeisebetrieb die relevanten Systemparameter und erkennt automatisch ertragsmindernde Schäden an der Photovoltaik-Anlage 1. Dazu wird zu definierten Zeitpunkten bzw. Zeitfenstern vom Wechsel-

richter 5 das Verhältnis von der MPP-Spannung zur Leerlaufspannung gebildet. Verschlechtert sich dieses Verhältnis kontinuierlich bzw. sprunghaft, liegt eine Schädigung des Solargenerators vor. Vom Wechselrichter 5 wird dabei eine Datenbank aufgebaut, in der einer oder mehrere der folgenden Parameter erfasst werden: U_{dc} [V], Wechselrichterleistung zu einem Zeitpunkt [W], Uhrzeit und eventuell Datum, sowie bevorzugt die Leerlaufspannung U_{oc} [V]. Aus diesen Daten können unter anderem folgende Modulschäden erkannt werden: hochohmige Lötstellen innerhalb der Module, offene Lötstelle an einer Zelle, Hotspots, Verschattungen, Verschmutzungen, Zellenbruch, hochohmige Lötstelle in der Anschlussdose, usw., die über ein Anzeigeelement ausgegeben werden können. Die aufgebaute Datenbank kann im Wechselrichter 5 gespeichert werden. Bei mehreren zusammen geschalteten Wechselrichtern 5 ist es auch möglich, dass nur ein Wechselrichter 5 diese Datenbank beinhaltet und die weiteren Wechselrichter 5 die Daten, insbesondere Messdaten, über ein WLAN oder eine andere Netzwerk-Verbindung an den Wechselrichter 5 mit der Datenbank übertragen und dort zu speichern. Selbstverständlich ist es auch möglich, die Datenbank extern anzuordnen.

[0090] Um Daten aufzunehmen, sollten jedoch immer annähernd gleiche Bedingungen herrschen, wobei jedoch auf extern angeschlossenen Sensoren, wie beispielsweise Einstrahlungssensor, verzichtet werden kann. Letzteres hat den Vorteil, dass damit Kosten gespart werden und gleichzeitig eine Fehlerquelle ausgeschlossen wird. Der Wechselrichter 5 kann aufgrund seiner aufgenommen Daten eine Abschätzung der Wettersituation vornehmen, sodass immer nur Daten während erlaubter Wettersituationen erfasst werden, d.h., dass aufgrund der aufgenommen Daten zuerst eine sogenannte Wetteranalyse durchgeführt wird, und dass die Daten erst bei erfolgreicher Wetteranalyse gespeichert und verwendet werden bzw. weitere Daten aufgenommen werden. Die Wetteranalyse wird bei negativem Ausgang in bestimmten Zeitabständen, welche voreinstellbar sind, wiederholt, bis die Wetteranalyse als positiv eingestuft wird. Somit werden die Daten zu einem späteren Zeitpunkt erfasst. Die Wiederholung erfolgt dabei beispielsweise stündlich ab Beginn der Messung. Bei positiver Wetteranalyse erfasst der Wechselrichter 5 die restlichen Messungen und führt anschließend keine neuen Messungen mehr an diesem Tag durch. Es ist natürlich möglich, dass im Wechselrichter 5 auch eingestellt werden kann, dass dieser die Messungen mehrmals täglich durchführen soll, was jedoch nicht unbedingt notwendig ist.

[0091] Bevorzugt wird eine derartige Wetteranalyse zu einem vorgegebenen Zeitpunkt (z.B. Mittagszeit) vorgenommen, wobei vom Wechselrichter 5 überprüft wird, ob eine ausreichende Sonneneinstrahlung vorhanden ist, wozu die eingespeiste Energiemenge oder die Wechselrichterleistung erfasst wird und mit einem voreinstellbaren Wert verglichen wird. Entspricht diese einem voreinstellbaren Prozentwert, beispielsweise 50% des jeweiligen Maximalwerts, so entscheidet der Wechselrichter 5, dass die Wetteranalyse positiv durchgeführt wurde, also eine ausreichende Sonneneinstrahlung vorhanden ist. Stellt man diesen Prozentwert relativ hoch ein, so dürfen nur wenige bis keine Wolken am Himmel vorhanden. Der Wechselrichter 5 ist dann für die Wetteranalyse also sehr empfindlich eingestellt.

[0092] Ist die Wetteranalyse positiv abgeschlossen, so werden vom Wechselrichter 5 nunmehr weitere Messungen durchgeführt, über die der Wechselrichter 5 bzw. die darin oder extern angeschlossene Steuervorrichtung eine Auswertung zum Erkennen von Modulschäden vornehmen kann bzw. können. Vom Wechselrichter 5 wird eine Erfassung der einzelnen U_{dc} -Spannungswerte vorgenommen.

[0093] Die Leerlaufspannung U_{oc} wird bevorzugt derart ermittelt, dass der Wechselrichter 5 am Netz angeschlossen bleibt, jedoch entnimmt dieser kurzfristig keine Energie von den Modulen 2_{11..2mn}, sodass er die Leerlaufspannung U_{oc} messen kann.

[0094] Selbstverständlich ist es auch möglich, die Leerlaufspannung derart zu messen, dass der Wechselrichter 5 kurzzeitig vom Netz genommen wird bzw. die angeschlossenen Lasten weggeschaltet werden, sodass keine Belastungen am Wechselrichter 5 mehr vorliegen.

[0095] Damit nunmehr Modulschäden erfasst werden können, ist es notwendig, dass eine fortlaufende Erfassung der U_{dc} -Spannung zur Erkennung der Modulschäden vorgenommen

wird. Durch eine Veränderung des Verhältnisses der MPP-Spannung zur Leerlaufspannung der Module $2_{11..2_{mn}}$ kann ein schleichender und oder plötzlicher Modulschaden erkannt werden.

[0096] Hierzu werden folgende Daten erfasst und gespeichert:

[0097] $U_{dc}(\text{start})$ = Mittelwert erfasster U_{dc} -Werte über einen definierten Startzeitraum

[0098] $U_{oc}(\text{start})$ = Mittelwert erfasster U_{oc} Werte über einen definierten Startzeitraum

[0099] $U_{dc}(\text{aktuell})$ = Mittelwert erfasster U_{dc} -Werte über einen definierten aktuellen Zeitraum

[00100] $U_{oc}(\text{aktuell})$ = Mittelwert erfasster U_{oc} -Werte über einen definierten aktuellen Zeitraum

[00101] Kennzahl (start) = $U_{dc}(\text{start}) / U_{oc}(\text{start})$

[00102] Kennzahl (aktuell) = $U_{dc}(\text{aktuell}) / U_{oc}(\text{aktuell})$

[00103] Durch eine Abweichung von der Kennzahl (aktuell) zur Kennzahl (start) kann ein Modulschaden erkannt werden. Hierbei entsprechen die (start) Werte der erfassten Messwerte beim Initialisierungsprozess bei der Installation der Anlage 1, wogegen die (aktuell) Werte den laufenden erfassten Messwerten entsprechen. $U_{dc}(\text{start})$ bzw. $U_{dc}(\text{aktuell})$ werden durch einen Mittelwert von 50 (Eingabemöglichkeit) erfassten Tageswerten gebildet.

[00104] Um einzelne U_{dc} -Spannungen für die fortlaufende Kennzahlbildung aufzunehmen, müssen in einer vorteilhaften Variante der Erfindung folgende Bedingungen erfüllt sein:

[00105] - ausreichende Einstrahlung vorhanden (eingespeiste Energiemenge oder die Wechselrichterleistung zwischen zwei Datenloggereinträgen entspricht im Durchschnitt mindestens 50% (Eingabemöglichkeit) der Wechselrichternennleistung bzw. des Photovoltaik-Anlage 1)

[00106] - Erfassung der einzelner U_{dc} -Spannungswerte um die Mittagszeit (Eingabemöglichkeit, Annahme: Um die Mittagszeit sollte eigentlich die Anlage keinerlei durch den Montageort bedingte Verschattung aufweisen)

[00107] - Je Tag wird nur ein Wert (Mittelwert aller an diesem Tag erfassten U_{dc} -Spannungswerte) für die Berechnung von $U_{dc}(\text{aktuell})$ aufgenommen

[00108] Folgende weitere Bedingungen müssen bei dieser Variante erfüllt werden, damit der einzeln erfasste U_{dc} -Spannungswert zur weiteren Berechnung herangezogen werden darf:

[00109] - Die Aufnahme einer neuen einzelnen U_{dc} -Spannung für die Ermittlung eines U_{dc} - Tagesmittelwert erfolgt nur dann, wenn diese um nicht mehr als 20 % (Eingabemöglichkeit) von $U_{dc}(\text{aktuell})$ abweicht.

[00110] - Bei der Aufnahme eines neuen U_{dc} -Tagesmittelwertes für $U_{dc}(\text{aktuell})$ fällt dabei der älteste U_{dc} -Tageswert heraus. D.h. $U_{dc}(\text{aktuell})$ wird immer nur aus einer wie oben definierten Anzahl von U_{dc} -Tageswerten gebildet (Schieberegister, FIFO).

[00111] Eine Erkennung von Modulschäden kann dann derart erfolgen, indem die Quotienten (wie oben beschrieben) voneinander abweichen, wobei bei einer entsprechenden Abweichung ein Defekt gemeldet wird, oder dass die letzten 20 (Eingabemöglichkeit) hintereinander einzeln erfassten U_{dc} -Spannungswerte (d.h. Einstrahlung ok, Zeitraum ok) außerhalb des für die Aufnahme in den U_{dc} -Tagesmittelwert festgelegten Bandbreite lagen und wiederum eine Fehlermeldung ausgegeben wird.

[00112] Weiters ist es natürlich möglich, dass die erfassten Werte auch für andere Fehlermeldungen herangezogen werden können, d.h., dass beispielsweise bei zu hohem Abweichen voreingestellter Werte, insbesondere der U_{dc} -Spannung, ein Fehlbetrieb der Anlage festgestellt wird.

[00113] Man kann also sagen, dass ein Verfahren zum Erkennen von Modulschäden bzw. Generatorschäden bei einer Photovoltaik-Anlage 1 durchgeführt wird, bei dem ein Initialisie-

rungsprozess zum Festlegen einer Ausgangsbedingung der Anlage 1 nach der Installation durchgeführt wird, und dass für die Erfassung von Messwerten zur Ermittlung von Modulschäden zuerst eine Wetteranalyse durchgeführt wird, wobei bei positiver Wetteranalyse weitere Messwerte aufgenommen werden, wogegen bei negativer Wetteranalyse zu einem späteren Zeitpunkt eine neuerliche Wetteranalyse durchgeführt wird. Zum Erkennen von Modulschäden wird eine fortlaufende Erfassung der Udc-Spannung vorgenommen, wobei durch eine Veränderung des Verhältnisses der MPP-Spannung zur Leerlaufspannung der Module $2_{11..2_{mn}}$ ein schleichender und/oder plötzlicher Modulschaden erkannt wird.

[00114] An dieser Stelle wird angemerkt, dass die dargestellten Varianten nur einen Ausschnitt der Möglichkeiten darstellen, die erfinderische Idee umzusetzen. Insbesondere können die in Fig. 6 und Fig. 7 dargestellten Umsetzungen der Erfindung auch abweichungsweise miteinander kombiniert werden. Der Fachmann wird hier ohne Mühe die vorgegebenen Angaben auf seine Bedürfnisse adaptieren.

[00115] Der Ordnung halber sei abschließend darauf hingewiesen, dass zum besseren Verständnis des Aufbaus der erfindungsgemäßen Vorrichtung diese bzw. deren Bestandteile teilweise nur schematisch dargestellt wurden. Selbstverständlich können die dargestellten Gerätschaften noch weitere, nicht dargestellte Baugruppen oder Bauteile enthalten.

[00116] Die den eigenständigen erfinderischen Lösungen zugrundeliegende Aufgabe kann der Beschreibung entnommen werden.

[00117] Vor allem können die einzelnen in den Fig. 6 und 7 gezeigten Ausführungen den Gegenstand von eigenständigen, erfindungsgemäßen Lösungen bilden. Die diesbezüglichen, erfindungsgemäßen Aufgaben und Lösungen sind den Detailbeschreibungen dieser Figuren zu entnehmen.

BEZUGSZEICHENAUFSTELLUNG

1	Photovoltaik-Anlage
$2_{11..2_{mn}}$	Solarmodule
$3_{1..3_X}$	Solarzellen
4	Wechselrichter
5	Wechselrichterschaltkreis
6	Analog-Digital-Wandler
7	zentrale Recheneinheit
8	Speicher
9	Signaleinheit
10	Messgerät
11	Internet
12	Datenbank
13	PC
I	Strom
$P_I P_{I1..} P_{I5}$	eingestrahlte Leistung
t	Zeit
U	Spannung
U_0	Leerlaufspannung
U_{MPP}	Spannung Maximum Power Point

Patentansprüche

1. Verfahren zur Fehlererkennung in einer Photovoltaik-Anlage (1), umfassend die Schritte:
 - Ermitteln einer ersten Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) der Anlage (1) und/oder eines aus dieser Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) abgeleiteten ersten Parameters zu einem ersten Zeitpunkt in einem ersten Betriebszustand der Photovoltaik-Anlage (1) zur Festlegung einer Ausgangsbedingung im Zuge eines Initialisierungsprozesses,
 - Ermitteln einer zweiten Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder eines aus dieser Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) abgeleiteten zweiten Parameters der Anlage (1) zu einem zweiten Zeitpunkt, wenn eine Wetteranalyse zur Feststellung einer über einem Schwellwert liegenden Sonneneinstrahlung zu einem positivem Ergebnis führt und ein dem ersten Betriebszustand vergleichbarer zweiter Betriebszustand vorliegt,
 - Ermitteln einer Abweichung zwischen erster und zweiter Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder zwischen erstem und zweitem Parameter und
 - Ausgeben einer Fehlermeldung, wenn die Abweichung einen vorgebbaren Schwellwert überschreitet, wobei
 - als Ausgangsspannung die Maximum Power Point Spannung (U_{MPP}) und/oder die Leerlaufspannung (U_0) der Photovoltaik-Anlage (1) beziehungsweise als abgeleiteter Parameter das Verhältnis zwischen der Maximum Power Point Spannung (U_{MPP}) und der Leerlaufspannung (U_0) der Photovoltaik-Anlage vorgesehen sind.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ermitteln einer Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder eines abgeleiteten Parameters bei einer Einstrahlung von mehr als 100 W/m^2 erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ermitteln einer Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder eines abgeleiteten Parameters bei einer Leistungsabgabe der Photovoltaik-Anlage (1) oder eines an diese angeschlossenen Wechselrichters über 15% der jeweiligen Nennleistung erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ermitteln einer Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder eines abgeleiteten Parameters bei im Wesentlichen derselben Einstrahlung beziehungsweise derselben Leistungsabgabe erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Einstrahlung mit Hilfe eines lichtempfindlichen Sensors ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ermitteln einer Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder eines abgeleiteten Parameters bei im Wesentlichen derselben Temperatur erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass für die Bestimmung eines Betriebszustandes der Photovoltaik-Anlage Daten einer Wetterstation und/oder meteorologische Daten einer Datenbank herangezogen werden.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ermitteln einer Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder eines abgeleiteten Parameters an verschiedenen Tagen im Wesentlichen zur selben Uhrzeit erfolgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ermitteln einer Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder eines abgeleiteten Parameters an verschiedenen Tagen im Wesentlichen beim selben Sonnenstand erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ermitteln einer Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder eines abgeleiteten Parameters bei im Wesentlichen derselben Ausgangsleistung der Photovoltaik-Anlage (1) erfolgt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei negativer Wetteranalyse zumindest zu einem späteren Zeitpunkt eine neuerliche Wetteranalyse durchgeführt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Erkennen von Modulschäden eine fortlaufende Erfassung der Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) der Anlage (1) vorgenommen wird, wobei durch eine Veränderung des Verhältnisses der Maximum Power Point Spannung (U_{MPP}) zur Leerlaufspannung (U_0) der Module ein schleichender und/oder plötzlicher Modulschaden erkannt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Initialisierungsprozess zu voreingestellten Zeitpunkten, insbesondere um die Mittagszeit, oder zu einem definierten, eingestellten Zeitpunkt, oder ein manuell ausgelöster Messvorgang zur Bestimmung und Aufnahme des Betriebszustandes der Anlage gestartet wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass zu einem vorgegebenen Zeitpunkt, insbesondere zur Mittagszeit, die Wetteranalyse vorgenommen wird, wozu die eingespeiste Energiemenge oder die Wechselrichterleistung erfasst wird und mit einem voreinstellbaren Wert verglichen wird, wobei bevorzugt dieser einer voreinstellbaren Prozentwert, beispielsweise 50% des Maximums entspricht, um eine positive Wetteranalyse zu erreichen.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass über eine im Wechselrichter angeordnete Steuervorrichtung oder eine extern angeschlossene Steuervorrichtung eine Auswertung zum Erkennen von Modulschäden vorgenommen wird.
16. Vorrichtung zur Fehlererkennung in einer Photovoltaik-Anlage (1), umfassend:
 - Mittel zum Ermitteln einer ersten Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) der Anlage (1) und/oder eines aus dieser Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) abgeleiteten ersten Parameters zu einem ersten Zeitpunkt in einem ersten Betriebszustand der Photovoltaik-Anlage (1),
 - Mittel zum Ermitteln einer zweiten Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder eines aus dieser Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) abgeleiteten zweiten Parameters der Anlage (1) zu einem zweiten Zeitpunkt in einem dem ersten Betriebszustand vergleichbaren zweiten Betriebszustand,
 - Mittel zum Ermitteln einer Abweichung zwischen erster und zweiter Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) und/oder zwischen erstem und zweitem Parameter und
 - Mittel zum Ausgeben einer Fehlermeldung, wenn die Abweichung einen vorgebbaren Schwellwert überschreitet.
17. Wechselrichter (5) für eine Photovoltaik-Anlage (1) mit gleichspannungsseitigen und wechsellspannungsseitigen Anschlüssen, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieser eine Vorrichtung nach Anspruch 16 umfasst, welche mit den gleichspannungsseitigen Anschlüssen verbunden ist.
18. Laderegler für eine Photovoltaik-Anlage (1), **dadurch gekennzeichnet**, dass dieser eine Vorrichtung nach Anspruch 16 umfasst, welche mit eingangsseitigen Anschlüssen des Ladereglers verbunden ist.
19. Photovoltaik-Anlage (1) mit einer oder mehreren Solarzellen ($3_1 \dots 3_x$) und/oder einem oder mehreren Solarmodulen ($2_{11} \dots 2_{mn}$), **dadurch gekennzeichnet**, dass diese einen Wechselrichter nach Anspruch 17 und/oder einen Laderegler nach Anspruch 18 umfasst.
20. Computerprogrammprodukt mit einem darauf gespeicherten Computerprogramm, das in den einen Speicher (8) einer Vorrichtung nach Anspruch 16 und/oder eines Wechselrichters (5) nach Anspruch 17 und/oder eines Ladereglers nach Anspruch 18 und/oder eines Computers (13) ladbar ist und das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15 ausführt, wenn das Computerprogramm dort ausgeführt wird.
21. Verfahren zum Erkennen von Modulschäden bei einer Photovoltaik-Anlage (1) **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Initialisierungsprozess zum Festlegen einer Ausgangsbedingung der Anlage (1) nach der Installation durchgeführt wird, bei dem die Leerlaufspannung und der MPP-Punkt erfasst und als Referenzwert gespeichert wird, und dass für die Erfassung von Messwerten zur Erkennung von Modulschäden mit erfassten Messwerten eine Wetteranalyse durchgeführt wird, wobei bei positiver Wetteranalyse weitere Messwerte

aufgenommen und mit der Ausgangsbedingung verglichen werden, wobei zu definierten Zeitpunkten bzw. Zeitfenstern vom Wechselrichter das Verhältnis von der MPP-Spannung zur Leerlaufspannung gebildet wird, wobei bei Verschlechterung dieses Verhältnis kontinuierlich bzw. sprunghaft eine Schädigung vorliegt.

22. Verfahren nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei negativer Wetteranalyse zumindest zu einem späteren Zeitpunkt eine neuerliche Wetteranalyse durchgeführt wird.
23. Verfahren nach Anspruch 21 oder 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass zum Erkennen von Modulschäden eine fortlaufende Erfassung der Ausgangsspannung (U_0 , U_{MPP}) der Anlage (1) vorgenommen wird, wobei durch eine Veränderung des Verhältnisses der Maximum Power Point Spannung (U_{MPP}) zur Leerlaufspannung (U_0) der Module ein schleichender und/oder plötzlicher Modulschaden erkannt wird.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 21 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Initialisierungsprozess zu voreingestellten Zeitpunkten, insbesondere um die Mittagszeit, oder zu einem definierten, eingestellten Zeitpunkt, oder ein manuell ausgelöster Messvorgang zur Bestimmung und Aufnahme des Betriebszustandes der Anlage gestartet wird.
25. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 21 bis 24, **dadurch gekennzeichnet**, dass über eine im Wechselrichter angeordnete Steuervorrichtung oder eine extern angeschlossene Steuervorrichtung eine Auswertung zum Erkennen von Modulschäden vorgenommen wird.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

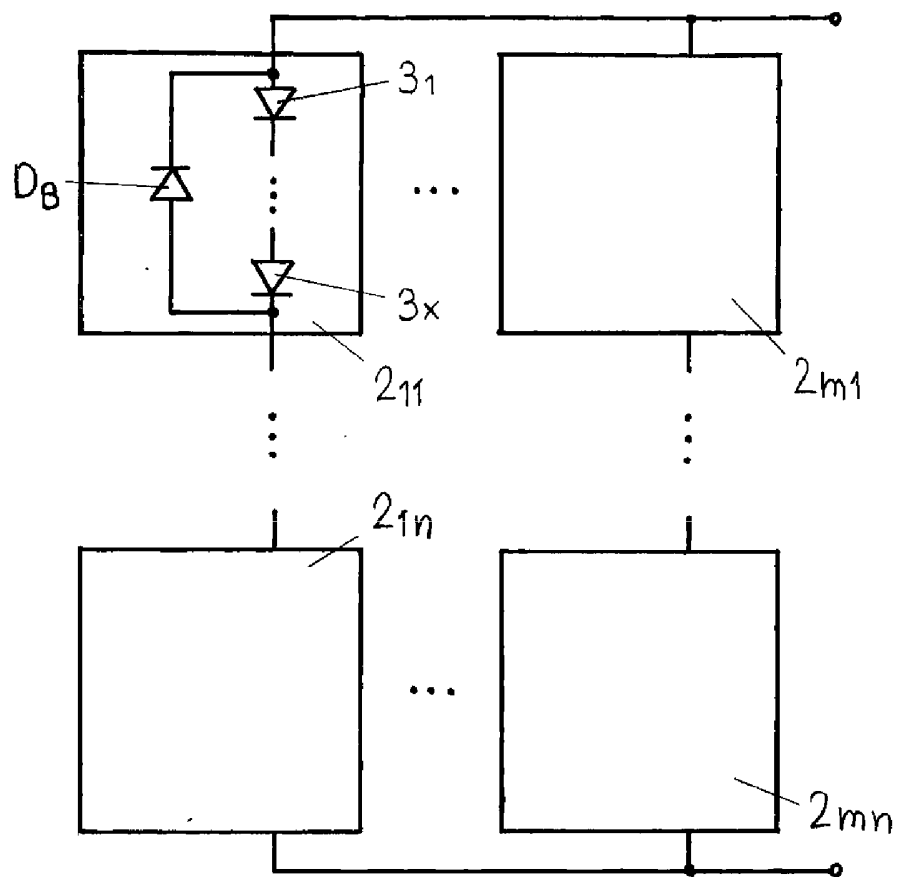


Fig.1

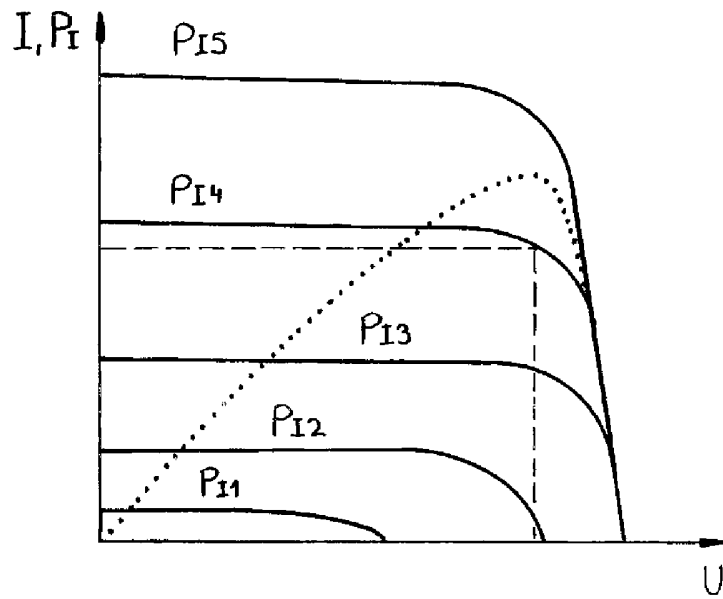


Fig. 2

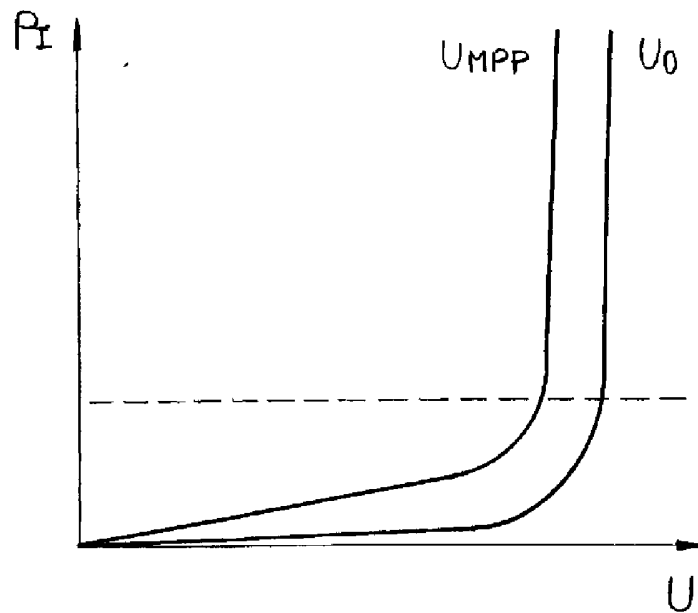


Fig. 3

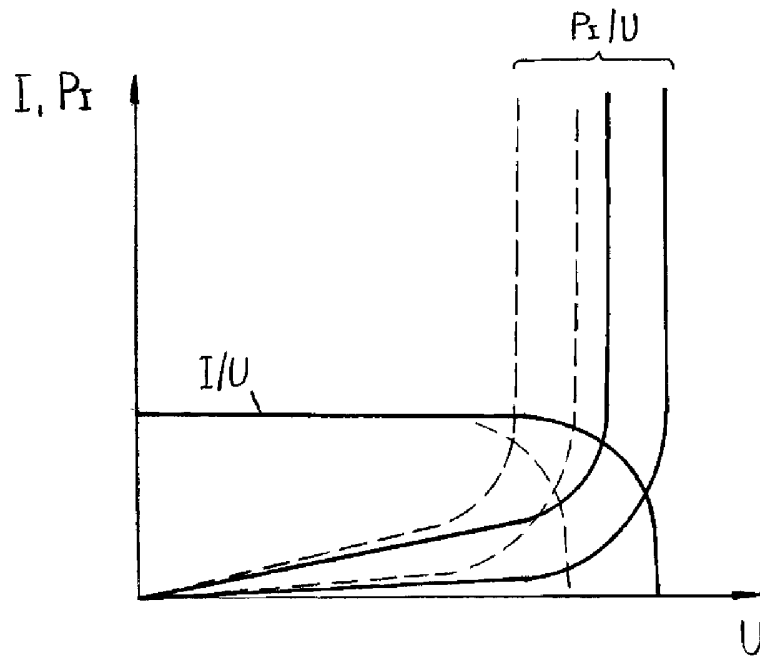


Fig. 4

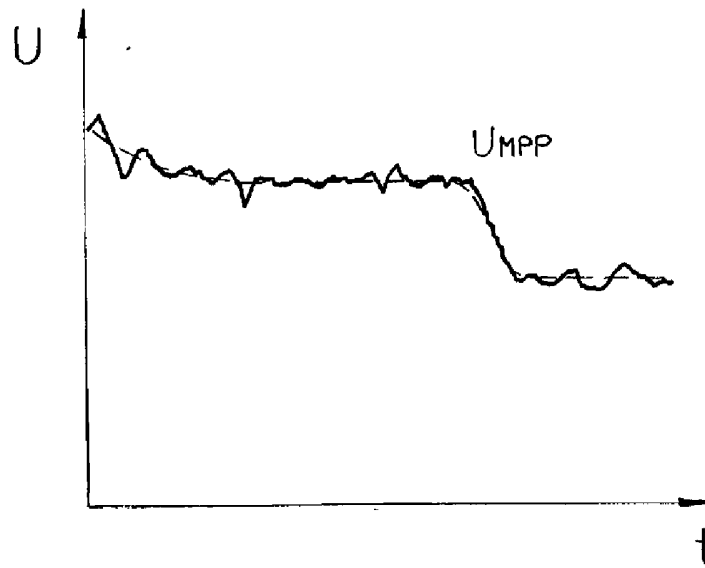


Fig. 5

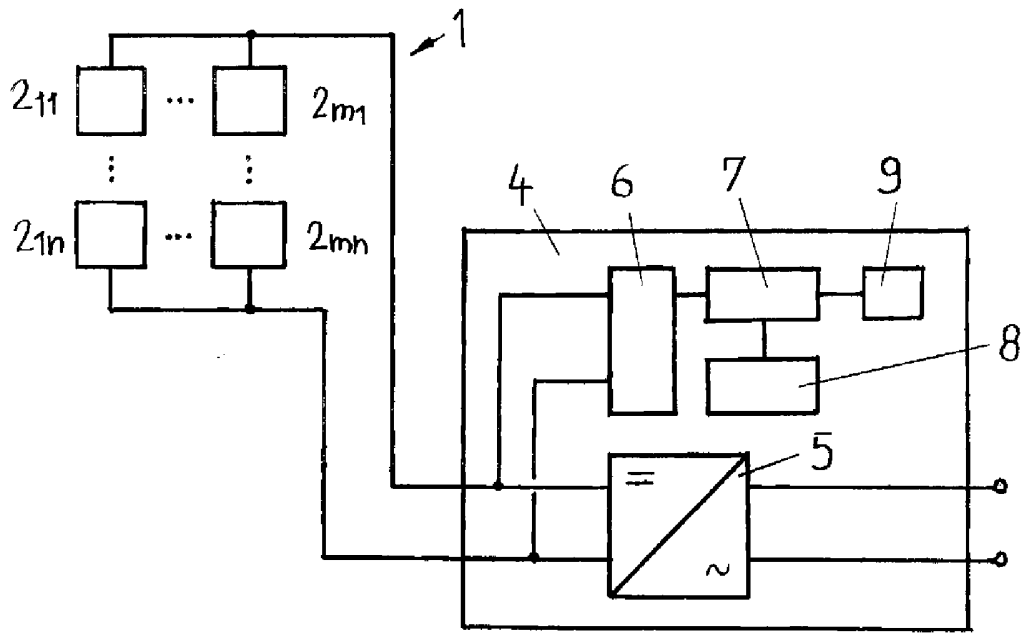


Fig. 6

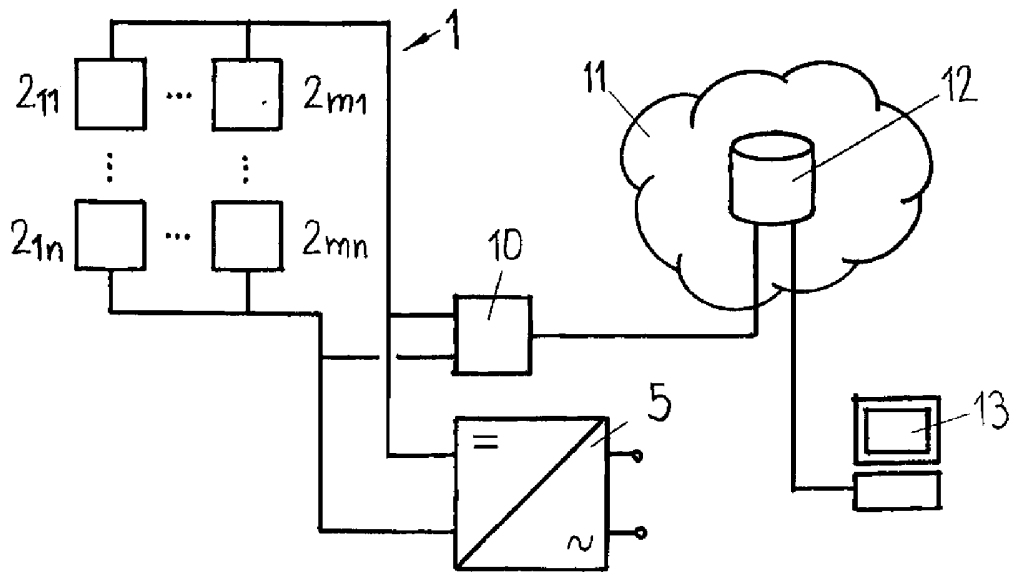


Fig. 7